

Analisis Total Productive Maintenance pada Mesin Laminating I dengan Metode *Overall Equipment Effectiveness*

Total Productive Maintenance Analysis on Laminating Machines I Using Overall Equipment Effectiveness Method

Zulkani Sinaga^{1*}, Tri Maryanto¹

¹Program Studi Teknik Industri, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Jl. Raya Perjuangan No.81, Marga Mulya, Bekasi Utara, Bekasi 17143, Indonesia

Diterima: 8 Januari, 2019 / Disetujui: 16 Februari, 2019

ABSTRACT

This research was conducted on one of the giant manufacturers of musical instrument equipment that is inseparable from problems related to the effectiveness of the machine/equipment caused by the six big losses. The improper handling and maintenance of the machine can result in losses called the six big losses. The first stage in the effort to increase production efficiency in this company is to measure the effectiveness of laminating machine I using the overall equipment effectiveness (OEE) method which is then followed by measuring the OEE six big losses to find out the amount of efficiency lost in the six big losses. From these six factors, then what factors are found to give the greatest contribution that result in the large amount of efficiency lost in laminating machines I. The causal diagram can be analyzed the real problem which is the main cause of high losses resulting in low efficiency on laminating-machine I. Conclusions that can be taken on laminating machine I that the OEE value for the period April 2016 to March 2017 ranged from 61.08% to 83.91%. This condition indicates that the ability of laminating-machine I to achieve targets and achieve effectiveness has not reached the ideal condition ($\geq 86\%$). As for those that affect the OEE value and become the top priority, the reduced speed factor is 78.79%.

Keywords: *Total Productive Maintenance, Overall Equipment Effectiveness, Six Big Losses*

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan pada salah satu produsen peralatan alat musik raksasa yang tidak terlepas dari masalah yang berhubungan dengan efektivitas mesin/peralatan yang diakibatkan oleh *six big losses*. Tidak tepatnya penanganan dan pemeliharaan mesin dapat mengakibatkan kerugian-kerugian yang disebut dengan *six big losses*. Tahap pertama dalam usaha peningkatan efisiensi produksi pada perusahaan ini adalah dengan melakukan pengukuran efektivitas mesin laminating I dengan menggunakan metode *overall equipment effectiveness* (OEE) yang kemudian dilanjutkan dengan pengukuran OEE *six big losses* untuk mengetahui besarnya efisiensi yang hilang pada keenam faktor *six big losses*. Dari keenam faktor tersebut selanjutnya dicari faktor apa yang memberikan kontribusi terbesar yang mengakibatkan besarnya efisiensi yang hilang pada mesin laminating I. Dengan diagram sebab akibat dapat dianalisis masalah sebenarnya yang menjadi penyebab utama tingginya kerugian yang mengakibatkan rendahnya efisiensi mesin laminating I. Kesimpulan yang dapat diambil pada mesin laminating I bahwa nilai OEE untuk periode April 2016 sampai Maret 2017 berkisar antara 61,08% sampai 83,91%. Kondisi ini menunjukkan bahwa kemampuan mesin laminating I dalam mencapai target dan pencapaian efektivitas belum mencapai kondisi yang ideal ($\geq 86\%$). Adapun yang mempengaruhi nilai OEE dan menjadi prioritas utama adalah faktor *reduced speed* sebesar 78,79%.

Kata Kunci: *Total Productive Maintenance, Overall Equipment Effectiveness, Six Big Losses*

*email: sng.zulkani@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Penelitian ini dilakukan pada sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang alat musik elektronika dan pro audio yang tidak terlepas dari masalah yang berkaitan dengan efektivitas mesin/peralatan. Oleh karena itu diperlukan langkah-langkah untuk mencegah atau mengatasi masalah tersebut.

Total Productive Maintenance (TPM) merupakan salah satu metode untuk melakukan pemeliharaan mesin dan peralatan. TPM berfungsi sebagai sistem *maintenance* yang melibatkan semua departemen dan semua orang ikut berpartisipasi dan mengemban tanggung jawab dalam pemeliharaan mesin dan peralatan di dalam TPM serta menghitung tingkat efektivitas dan efisien dari setiap mesin dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebagai alat untuk mengukur dan mengetahui kinerja mesin. Dari data perusahaan yang diamati, terdapat kendala-kendala masih rendahnya efisiensi dan efektivitas penggunaan mesin/peralatan dikarenakan ketidakmampuan dalam pengolahan perawatan dan pemeliharaan secara tepat sehingga mengurangi produktivitas.

Tabel 1. Total Waktu Kerusakan Mesin
Laminating I

| Periode (Bulan) | Frekuensi (x) | Total Waktu Kerusakan (menit) |
|--------------------|------------------|----------------------------------|
| Apr 2016 | 0 | 0 |
| Mei 2016 | 0 | 0 |
| Juni 2016 | 24 | 750 |
| Juli 2016 | 16 | 800 |
| Agt 2016 | 24 | 1400 |
| Sept 2016 | 30 | 2800 |
| Okt 2016 | 21 | 650 |
| Nov 2016 | 30 | 2200 |
| Des 2016 | 22 | 1800 |
| Jan 2017 | 0 | 0 |
| Feb 2017 | 0 | 0 |
| Mar 2017 | 0 | 0 |
| Total | 167 | 10400 |

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 1 tentang kerusakan mesin, diperoleh data kerusakan mesin yang terjadi masih tinggi selama periode April 2016–Maret 2017 dengan jumlah kerusakan sebanyak 167 kali kerusakan. Selama periode tersebut terdapat waktu kerusakan yang melebihi standar perusahaan yang diamati (standar waktu

kerusakan yang ditentukan perusahaan <600 menit per bulan) yaitu pada Bulan Juni 2016–Desember 2016. Waktu terbesar terjadi pada Bulan September 2016 dengan total waktu kerusakan sebanyak 2800 menit dan Bulan November 2016 dengan total waktu kerusakan sebanyak 2200 menit. Besarnya waktu kerusakan tersebut menunjukkan mesin laminating I tidak beroperasi secara efektif dan efisien.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Perawatan

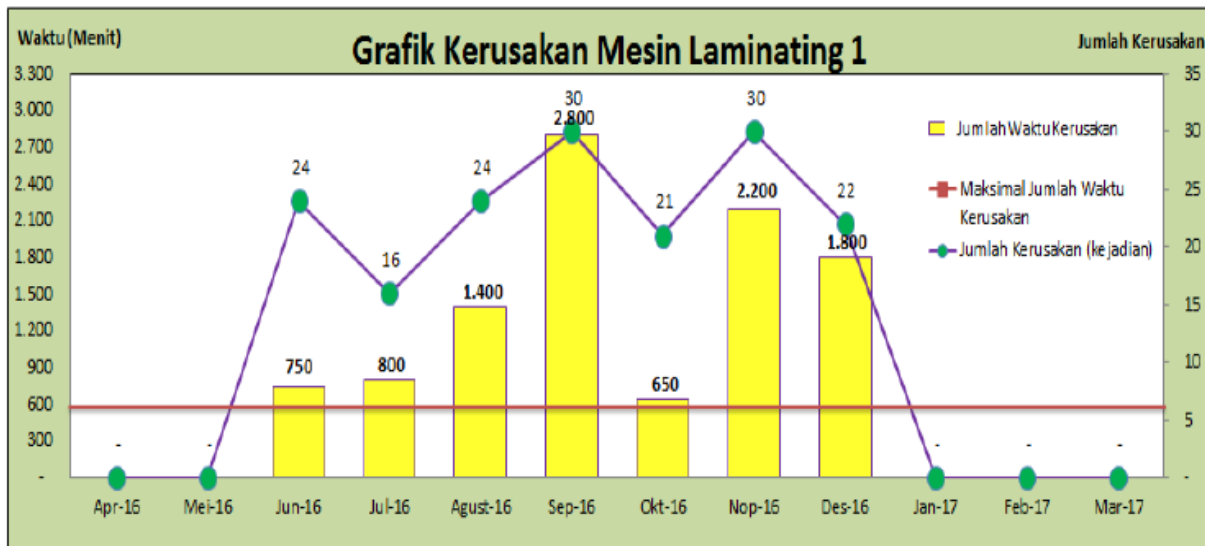
Perawatan atau *maintenance* dapat diartikan sebagai suatu aktivitas atau kegiatan yang dilakukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas perawatan pada suatu fasilitas tetap dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap digunakan (Sudrajat, 2011). Perawatan sebagai bentuk aktivitas yang dilakukan dengan tujuan untuk mencapai hasil yang mampu mempertahankan atau mengembalikannya pada kondisi selalu dapat berfungsi (Ansori dan Mustajib, 2013).

2.2. Total Productive Maintenance (TPM)

Total Productive Maintenance (TPM) merupakan suatu konsep program tentang pemeliharaan yang melibatkan seluruh pekerja melalui kegiatan group kecil (Ansori dan Mustajib, 2013). Lebih lanjut mengatakan bahwa *Total Productive Maintenance* adalah suatu program pemeliharaan yang melibatkan suatu gambaran konsep untuk pemeliharaan peralatan dan pabrik dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas serta pada waktu yang sama dapat meningkatkan kepuasan kerja dan moril karyawan.

TPM secara umum terdiri dari atas 3 bagian:

1. *Productive Action*: sikap proaktif dari seluruh karyawan terhadap kondisi dan operasi dari fasilitas produksi.
2. *Total Approach*: semua pihak ikut terlibat dalam menjaga dan bertanggung jawab terhadap semua fasilitas yang ada dalam pelaksanaan kegiatan TPM.
3. *Maintenance*: pelaksanaan perawatan dan peningkatan efektivitas dari fasilitas dan kesatuan operasi produksi.



Gambar 1. Grafik Kerusakan Mesin Laminating I



Gambar 2. Mesin Laminating I

2.3. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah alat ukur yang digunakan sebagai metode dalam penerapan program TPM guna menjaga peralatan pada kondisi atau keadaan ideal dengan menghapuskan six big losses peralatan. Selain itu, untuk mengukur kinerja dari satu sistem produktif. Kemampuan mengidentifikasi secara jelas akar permasalahan dan faktor penyebabnya sehingga membuat usaha perbaikan menjadi terfokus merupakan faktor utama metode ini diaplikasikan secara menyeluruh oleh banyak perusahaan di dunia (Ansori dan Mustajib, 2013).

OEE memiliki standar *world class* untuk semua indikator sebagai berikut (Saleem *et al.*, 2017):

1. *Availability Rate* > 90 %
2. *Performance Rate* > 95 %
3. *Quality Rate* > 99 %
4. *Overall OEE* > 85 %

Formula untuk menentukan nilai OEE ditampilkan pada persamaan (1) (Kennedy, 2018).

$$OEE = (A)(P)(Q) \quad (1)$$

dimana:

OEE: Overall Equipment Effectiveness, %

Availability (A): pemanfaatan waktu kegiatan produksi, %

Performance (P): kemampuan peralatan menghasilkan barang, %

Quality (Q): kualitas suatu barang, %

1. *Availability*

Availability adalah rasio yang digunakan dalam menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk proses operasi mesin atau peralatan. *Availability rate* dipengaruhi dua komponen, yaitu *equipment failure* dan *setup and adjustment losses*. *Availability* merupakan rasio dari *operation time*, dengan mengeliminasi *downtime* peralatan, terhadap *loading time* (Ansori dan Mustajib, 2013).

$$A = \frac{\text{Loading Time} - \text{Downtime}}{\text{Loading Time}} * 100\% \quad (2)$$

dimana:

Availability (A): pemanfaatan waktu kegiatan produksi, %

Loading Time: waktu proses sebuah mesin, menit

Downtime: waktu kerusakan mesin, menit

2. *Performance Efficiency*

Performance Efficiency merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang atau produk. *Performance efficiency* memiliki dua komponen, yaitu *reduce speed* dan *idling and minor stoppage*. Rasio ini merupakan hasil dari *net operating rate* dan *operating speed rate*. *Operating speed rate* peralatan mengacu kepada perbedaan antara kecepatan operasi aktual dan kecepatan ideal. *Net operating rate* mengukur pemeliharaan dari suatu kecepatan selama periode tertentu (Ansori dan Mustajib, 2013).

$$P = \frac{\text{Process Amount} * \text{Theoretical Cycle Time}}{\text{Operation Time}} * 100\% \quad (3)$$

dimana:

Performance Efficiency (P): kemampuan peralatan menghasilkan barang, %

Process Amount: banyak produk yang dihasilkan, pcs

Theoretical Cycle Time: waktu siklus ideal, menit

Operation Time: waktu operasi, menit

3. *Quality Rate*

Quality rate merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar. *Quality rate* didukung 2 komponen, yaitu *defect in process* dan *reduced yield* (Ansori dan Mustajib, 2013).

$$Q = \frac{\text{Process Amount} - \text{Defect Amount}}{\text{Process Amount}} * 100\% \quad (4)$$

dimana:

Quality Rate (Q): kualitas suatu barang, %

Process Amount: banyak produk yang dihasilkan, pcs

Defect Amount: banyak produk yang cacat, pcs.

2.4. *Six Big Losses*

Terdapat 6 kerugian besar yang menyebabkan rendahnya kinerja dari peralatan (Ansori dan Mustajib, 2013). Keenam kerugian tersebut disebut sebagai *six big losses* yang terdiri dari:

1. Kerugian akibat kerusakan peralatan (*Equipment Failure*).
2. Kerugian penyetelan dan penyesuaian (*Setup and Adjustment Losses*).
3. Kerugian karena mengganggu dan penghentian mesin (*Idle and Minor Stoppage*).
4. Kerugian karena kecepatan operasi rendah (*Reduced Speed*).
5. Kerugian cacat produk di dalam proses (*Defect in Process*).
6. Kerugian akibat hasil yang rendah (*Reduced Yield*).

1. *Downtime Losses*

Downtime losses merupakan waktu yang disebabkan karena mesin mengalami gangguan sehingga mesin tidak dapat melakukan proses produksi sebagaimana mestinya. Dalam perhitungan *overall equipment effectiveness* waktu *setup and adjustment* merupakan kerugian waktu *downtime*.

a. *Equipment Failure (EF)*

Kerugian ini merupakan kerugian yang diakibatkan oleh kerusakan mesin dan peralatan saat proses produksi sedang berjalan sehingga terhentinya proses produksi.

$$EF = \frac{\text{Total Equipment Failure}}{\text{Loading Time}} * 100\% \quad (5)$$

dimana:

Equipment Failure (EF): kerusakan mesin, %

Loading Time: waktu proses sebuah mesin, menit

b. *Setup and Adjustment Losses*

Kerugian ini merupakan kerugian waktu yang lama dikarenakan adanya waktu yang terbuang saat melakukan setup.

$$SA = \frac{\text{Total Setup \& Adjustment}}{\text{Loading Time}} * 100\% \quad (6)$$

dimana:

Setup and Adjustment (SA): pemasangan dan penyetelan, %

Loading Time: waktu proses sebuah mesin, menit

2. *Speed Losses*

Speed Losses merupakan tidak tercapainya produksi karena kecepatan proses terganggu.

a. *Ideal and Minor Stoppage Losses*

Kerugian ini merupakan kerugian yang disebabkan karena mesin berhenti. Hal ini terjadi karena keterlambatan barang datang ke stasiun kerja. Kerugian ini tidak dapat terdeteksi secara langsung.

$$IMS = \frac{(\text{Jumlah Target} - \text{Jumlah Produksi}) * \text{Ideal Cycle Time}}{\text{Loading Time}} \quad (7)$$

* 100%

dimana:

Ideal Minor and Stoppage: berhenti dan mengganggu, %

Ideal Cycle Time: waktu edar, menit/pcs

Loading Time: waktu proses sebuah mesin, menit

b. *Reduced Speed Losses*

Kerugian ini merupakan kerugian yang dikarenakan mesin tidak beroperasi secara maksimal akibat penurunan kecepatan mesin.

$$RS = \frac{(\text{Act Cycle Time} - \text{Ideal Cycle Time}) * \text{Produk diproses}}{\text{Loading Time}} \quad (8)$$

* 100%

dimana:

Reduced Speed (RS): kecepatan mesin beroperasi, %

Act Cycle Time: waktu edar aktual, menit/pcs

Ideal Cycle Time: waktu edar ideal, menit/pcs

Loading Time: waktu proses sebuah mesin, menit

3. *Quality Losses*

Quality losses merupakan suatu keadaan dimana saat produk hasil proses tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan.

a. *Defect Losses*

Kerugian ini merupakan kerugian yang terjadi kerana produk yang dihasilkan memiliki kekurangan (cacat) setelah keluar dari proses produksi.

$$Defect Losses = \frac{(\text{Total Reject} * \text{Idle Cycle Time})}{\text{Loading Time}} \quad (9)$$

* 100%

b. *Reduced Yield*

Kerugian ini merupakan keruigian yang terjadi pada awal waktu produksi hingga mencapai kondisi stabil. Kerugian ini diakibatkan karena produk yang dihasilkan tidak sesuai standar yang disebabkan karena perbedaan kualitas antara waktu awal mesin beroperasi dengan waktu saat mesin tersebut sudah stabil.

$$RY = \frac{(Ideal\ Cycle\ Time * Total\ Cacat\ Awal\ Produksi)}{Loading\ Time} \quad (10)$$

* 100%

dimana:

Reduced Yield (RY): berkurangnya hasil produksi, %

Total Cacat Awal Produksi: total cacat, pcs

Ideal Cycle Time: waktu edar ideal, menit/pcs

Loading Time: waktu proses sebuah mesin, menit

2.5. Cause and Effect Diagram

Cause and effect diagram atau lebih dikenal dengan diagram tulang ikan, diagram ini berfungsi untuk mencari akar dari permasalahan yang ada, diagram ini mengidentifikasi dan mengorganisasi penyebab-penyebab yang mungkin akan timbul pada suatu permasalahan:

1. Diperlukan analisis lebih terperinci terhadap suatu masalah.
2. Terdapat kesulitan untuk memisahkan penyebab dari akibat.
3. Terdapat pertemuan diskusi dengan menggunakan *brainstorming* untuk mengidentifikasi mengapa suatu masalah terjadi.

3. METODOLOGI

3.1. Pengolahan Data

Teknik pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness*. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Penghitungan *Availability*
Availability adalah rasio *operation time* terhadap *loading time*.
2. Penghitungan *Performance Efficiency*
Performanc efficiency adalah rasio kuantitas produk yang dihasilkan dikalikan dengan waktu siklus idealnya terhadap waktu yang tersedia untuk melakukan proses produksi (*operation time*).
3. Penghitungan *Quality Rate*
Quality Rate adalah rasio produk yang baik (*good products*) yang sesuai dengan spesifikasi kualitas produk yang telah ditentukan terhadap jumlah produk yang telah diproses.
4. Penghitungan *Overall Equipment Effectiveness*

Setelah nilai *availability*, *performance efficiency*, dan *rate of quality product* diperoleh maka dilakukan perhitungan nilai *overall equipment effectiveness* (OEE) untuk mengetahui besarnya efektivitas penggunaan mesin.

5. Penghitungan OEE *Six Big Losses*

Penghitungan ini berdasarkan faktor-faktor dari keenam *six big losses* yang terdiri dari:

- a. Penghitungan *Downtime Losses*
Penghitungan *downtime losses* terdiri dari penghitungan *equipment failures (breakdown)* dan penghitungan *setup dan adjustment*.
- b. Penghitungan *Speed Losses*
Penghitungan *speed losses* terdiri dari penghitungan *idle and minor stoppage* dan penghitungan *reduced speed losses*.
- c. Penghitungan *Quality Losses*
Penghitungan *defect lossess* terdiri dari penghitungan *rework lossess* dan penghitungan *yield/scrap losses*.

3.2. Analisis Data

Analisis data dilakukan pada hasil penghitungan *availability*, *performance efficiency*, *rate of quality product*, *OEE*, *OEE Six Big Losses*. Analisis data tersebut diantaranya:

1. Analisis OEE
Analisis OEE dilakukan terhadap nilai yang didapat dari penghitungan OEE.
2. Analisis *Six Big Losses*
Analisis *six big losses* dilakukan terhadap hasil yang didapat dari faktor-faktor keenam *Six Big Losses*.
3. Analisis Diagram Sebab Akibat
Analisis diagram sebab akibat dilakukan berdasarkan diagram pareto dari faktor-faktor *six big losses* yang menjadi sumber masalah.

Langkah terakhir yang diambil penulis yaitu dengan membuat kesimpulan terhadap penelitian yang dilakukan. Diagram alir penelitian secara singkat digambarkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Waktu Setup Mesin

Waktu *setup* adalah waktu yang dibutuhkan untuk melakukan persiapan operasi/kerja.

Tabel 2. Waktu *Setup* Mesin

| Periode (Bulan) | Total Waktu Setup (menit) |
|-----------------|---------------------------|
| Apr 2016 | 294 |
| Mei 2016 | 280 |
| Juni 2016 | 308 |
| Juli 2016 | 224 |
| Agt 2016 | 322 |
| Sept 2016 | 294 |
| Okt 2016 | 294 |
| Nov 2016 | 308 |
| Des 2016 | 280 |
| Jan 2017 | 308 |
| Feb 2017 | 280 |
| Mar 2017 | 322 |

4.2. Planned Downtime Mesin

Planned downtime merupakan waktu yang sudah dijadwalkan oleh pihak maintenance termasuk pemeliharaan (*schedule maintenance*) dan kegiatan manajemen yang lain.

Tabel 3. Waktu Pemeliharaan Mesin

| Periode (Bulan) | Total Waktu Pemeliharaan (menit) |
|-----------------|----------------------------------|
| Apr 2016 | 1890 |
| Mei 2016 | 1800 |

| Periode (Bulan) | Total Waktu Pemeliharaan (menit) |
|-----------------|----------------------------------|
| Juni 2016 | 1980 |
| Juli 2016 | 1440 |
| Agt 2016 | 2070 |
| Sept 2016 | 1890 |
| Okt 2016 | 1890 |
| Nov 2016 | 1890 |
| Des 2016 | 1800 |
| Jan 2017 | 1980 |
| Feb 2017 | 1800 |
| Mar 2017 | 2070 |

4.3. Data Produksi

Data produksi mesin laminating I pada bagian *wood working* di perusahaan yang diamati pada periode April 2016–Maret 2017 pada Tabel 4.

4.4. Pengolahan Data

1. Availability

Nilai *availability* mesin laminating I untuk April 2016 adalah sebagai berikut:

Available Time

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Jam Kerja} \\
 &\quad * \text{Jumlah Hari Kerja}) \\
 &= 1440 * 21 \\
 &= 30.240 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Loading Time

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Available Time} \\
 &\quad - \text{Planned Downtime}) \\
 &= 30.240 - 1890 \\
 &= 28.350 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Operating Time

$$\begin{aligned}
 &= \text{Loading Time} - \text{Downtime} \\
 &\quad - \text{Setup Time}) \\
 &= 28.350 - 0 - 294 \\
 &= 28.056 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Maka untuk mengukur *Availability Ratio* sebagai berikut:

Availability

$$= \frac{\text{Loading Time} - (\text{Downtime} + \text{Setup})}{\text{Loading Time}}$$

$$\begin{aligned}
 &* 100\% \\
 &= \frac{28.350 - (0 + 294)}{28.350} * 100\% = 98,96\%
 \end{aligned}$$

Tabel 4. Data Produksi Periode April 2016-Maret 2017

| Periode (Bulan) | Total Planned Product (pcs) | Total Product Processed (pcs) | Total Good Product (pcs) | Total Reject Product (pcs) |
|-----------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Apr 2016 | 38160 | 38160 | 37073 | 1087 |
| Mei 2016 | 38326 | 38326 | 37388 | 938 |
| Juni 2016 | 38476 | 38476 | 37146 | 1330 |
| Juli 2016 | 35294 | 34889 | 34196 | 693 |
| Agt 2016 | 37278 | 36768 | 35786 | 982 |
| Sept 2016 | 38278 | 37819 | 36492 | 1327 |
| Okt 2016 | 39448 | 37646 | 35974 | 1672 |
| Nov 2016 | 37365 | 36856 | 35619 | 1237 |
| Des 2016 | 37104 | 36748 | 35635 | 1113 |
| Jan 2017 | 38020 | 38020 | 36869 | 1151 |
| Feb 2017 | 37794 | 37794 | 36394 | 1400 |
| Mar 2017 | 37484 | 37484 | 36550 | 934 |

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Availability*

| Periode (Bulan) | Loading Time (menit) | Downtime (menit) | Setup Time (menit) | Availability (%) |
|-----------------|----------------------|------------------|--------------------|------------------|
| Apr 2016 | 28350 | 0 | 294 | 98.96 |
| Mei 2016 | 27000 | 0 | 280 | 98.96 |
| Juni 2016 | 29700 | 750 | 308 | 96.44 |
| Juli 2016 | 21600 | 800 | 224 | 95.26 |
| Agt 2016 | 31050 | 1400 | 322 | 94.45 |
| Sept 2016 | 28350 | 2800 | 294 | 89.09 |
| Okt 2016 | 28350 | 650 | 294 | 96.67 |
| Nov 2016 | 29700 | 2200 | 308 | 91.56 |
| Des 2016 | 27000 | 1800 | 280 | 92.30 |
| Jan 2017 | 29700 | 0 | 308 | 98.96 |
| Feb 2017 | 27000 | 0 | 280 | 98.96 |
| Mar 2017 | 31050 | 0 | 322 | 98.96 |

2. *Performance Efficiency*

Performance efficiency yang ditampilkan pada Tabel 6 merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang yang dinyatakan dalam persentase. *theoretical cycletime (ideal cycle time)* merupakan siklus waktu optimal yang diharapkan dapat tercapai dalam keadaan optimal dan tidak ada hambatan. Waktu optimal mesin laminating I dalam menghasilkan produk adalah 4 jam (240 menit). Dalam waktu 4 jam tersebut dapat menghasilkan 9 palet yang terdapat 50 pcs produk dalam 1 palet. Sehingga total yang dihasilkan adalah (9) (50) pcs = 450 pcs. Maka, diperoleh *ideal cycle time* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Ideal Cycle Time} &= \frac{240 \text{ menit}}{250 \text{ pcs}} \\ &= 0,53 \text{ menit/pcs} \end{aligned}$$

Nilai *Performance Efficiency* mesin laminating I untuk April 2016:

$$\begin{aligned} \text{Performance} &= \frac{\text{Process Amount} * \text{Ideal Cycle Time}}{\text{Operation Time}} \\ &* 100\% \\ &= \frac{38.160 * 0,53}{28.056} * 100\% = 72,08\% \end{aligned}$$

3. *Quality Rate*

Nilai *Rate of Quality Product* mesin laminating I untuk April 2016 ditampilkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Quality Rate} &= \frac{\text{Process Amount} - \text{Defect Amount}}{\text{Process Amount}} \\ &* 100\% \\ &= \frac{38.160 - 1.087}{38.160} * 100\% = 97,15\% \end{aligned}$$

$$OEE = \text{Availability} * \text{Performance} * \text{Quality Rate}$$

4. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Nilai Overall Equipment Effectiveness mesin laminating I untuk April 2016 ditunjukkan sebagai berikut:

$$= 98,96\% * 72,09\% * 97,15\% = 69,31\%$$

Tabel 6. Hasil *Performance Efficiency*

| Periode (Bulan) | Total Product Processed (pcs) | Ideal Cycle Time (menit/pcs) | Operating Time (menit) | Performance Efficiency (%) |
|-----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------|----------------------------|
| Apr 2016 | 38160 | 0.53 | 28053 | 72.08 |
| Mei 2016 | 38326 | 0.53 | 26720 | 76.02 |
| Juni 2016 | 38476 | 0.53 | 28642 | 71.20 |
| Juli 2016 | 34889 | 0.53 | 20576 | 89.87 |
| Agt 2016 | 36768 | 0.53 | 29328 | 66.45 |
| Sept 2016 | 37819 | 0.53 | 25256 | 79.36 |
| Okt 2016 | 37646 | 0.53 | 27406 | 72.80 |
| Nov 2016 | 36856 | 0.53 | 27192 | 71.84 |
| Des 2016 | 36748 | 0.53 | 24920 | 78.16 |
| Jan 2017 | 38020 | 0.53 | 29392 | 68.56 |
| Feb 2017 | 37794 | 0.53 | 26720 | 74.97 |
| Mar 2017 | 37484 | 0.53 | 30728 | 64.65 |

Tabel 7. Hasil *Quality Rate*

| Periode (Bulan) | Total Product Processed (pcs) | Total Reject Product (pcs) | Rate of Quality Product (%) |
|-----------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Apr 2016 | 38160 | 1087 | 97.15 |
| Mei 2016 | 38326 | 938 | 97.55 |
| Juni 2016 | 38476 | 1330 | 96.54 |
| Juli 2016 | 34889 | 693 | 98.01 |
| Agt 2016 | 36768 | 982 | 97.33 |
| Sept 2016 | 37819 | 1327 | 96.49 |
| Okt 2016 | 37646 | 1672 | 95.56 |
| Nov 2016 | 36856 | 1237 | 96.64 |
| Des 2016 | 36748 | 1113 | 96.97 |
| Jan 2017 | 38020 | 1151 | 96.97 |
| Feb 2017 | 37794 | 1400 | 96.30 |
| Mar 2017 | 37484 | 934 | 97.51 |

Tabel 8. Hasil *Overall Equipment Effectiveness*

| Periode (Bulan) | Availability (%) | Performance Efficiency (%) | Rate of Quality Product (%) | Overall Equipment Effectiveness (%) |
|-----------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Apr 2016 | 98.96 | 72.08 | 97.15 | 69.31 |
| Mei 2016 | 98.96 | 76.02 | 97.55 | 73.39 |
| Juni 2016 | 96.44 | 71.20 | 96.54 | 66.29 |
| Juli 2016 | 95.26 | 89.87 | 98.01 | 83.91 |
| Agt 2016 | 94.45 | 66.45 | 97.33 | 61.09 |
| Sept 2016 | 89.09 | 79.36 | 96.49 | 68.22 |
| Okt 2016 | 96.67 | 72.80 | 95.56 | 67.25 |
| Nov 2016 | 91.56 | 71.84 | 96.64 | 63.57 |
| Des 2016 | 92.30 | 78.16 | 96.97 | 69.74 |
| Jan 2017 | 98.96 | 68.56 | 96.97 | 65.59 |
| Feb 2017 | 98.96 | 74.97 | 96.30 | 71.42 |
| Mar 2017 | 98.96 | 64.65 | 97.51 | 62.38 |

5. OEE Six Big Losses

Perhitungan OEE *six big losses* merupakan perhitungan yang terdiri dari 6 kerugian utama yang menyebabkan mesin tidak beroperasi maksimal.

a. Downtime Losses

Equipment Failure

Perhitungan *equipment failure* pada mesin laminating I untuk Bulan April 2016 ditunjukkan sebagai berikut:

Equipment Failure

$$= \frac{\text{Total Equipment Failure}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

$$= \frac{0}{28.350} \times 100\% = 0\%$$

Tabel 9. Hasil *Equipment Failure*

| Periode (Bulan) | Downtime (menit) | Loading Time (menit) | Equipment Failure (%) |
|-----------------|------------------|----------------------|-----------------------|
| Apr 2016 | 0 | 28350 | 0.00 |
| Mei 2016 | 0 | 27000 | 0.00 |
| Juni 2016 | 750 | 29700 | 2.53 |
| Juli 2016 | 800 | 21600 | 3.70 |
| Agt 2016 | 1400 | 31050 | 4.51 |
| Sept 2016 | 2800 | 28350 | 9.88 |
| Okt 2016 | 650 | 28350 | 2.29 |
| Nov 2016 | 2200 | 29700 | 7.41 |
| Des 2016 | 1800 | 27000 | 6.67 |
| Jan 2017 | 0 | 29700 | 0.00 |
| Feb 2017 | 0 | 27000 | 0.00 |
| Mar 2017 | 0 | 31050 | 0.00 |

Setup and Adjustment Losses

Perhitungan *setup and adjustment* pada mesin laminating I untuk Bulan April 2016 adalah sebagai berikut:

$$= \frac{\text{Total Setup \& Adjustment}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

$$= \frac{294}{28.350} \times 100\% = 1,04\%$$

Tabel 10. Hasil *Setup \& Adjustment Losses*

| Periode (Bulan) | Setup Time (menit) | Loading Time (menit) | Setup and Adjustment Losses (%) |
|-----------------|--------------------|----------------------|---------------------------------|
| Apr 2016 | 294 | 28350 | 1.04 |
| Mei 2016 | 280 | 27000 | 1.04 |
| Juni 2016 | 308 | 29700 | 1.04 |
| Juli 2016 | 224 | 21600 | 1.04 |
| Agt 2016 | 322 | 31050 | 1.04 |
| Sept 2016 | 294 | 28350 | 1.04 |
| Okt 2016 | 294 | 28350 | 1.04 |
| Nov 2016 | 308 | 29700 | 1.04 |
| Des 2016 | 280 | 27000 | 1.04 |
| Jan 2017 | 308 | 29700 | 1.04 |
| Feb 2017 | 280 | 27000 | 1.04 |
| Mar 2017 | 322 | 31050 | 1.04 |

b. Speed Losses

Idle and Minor Stoppage Losses

Perhitungan *idle and minor stoppage losses* pada mesin laminating I untuk Bulan April 2016:

$$IMS = \frac{(38.160 - 38.160) \times 0,53}{28.350} \times 100\%$$

$$= 0\%$$

Reduced Speed Losses

Perhitungan *reduced speed losses* pada mesin laminating I untuk Bulan April 2016:

$$RSL = \frac{(0,73 - 0,53) \times 38.160}{28.350} \times 100\%$$

$$= 26,92\%$$

a. Quality Losses

Defect Losses

Perhitungan *defect losses* pada mesin laminating I untuk Bulan April 2016;

$$\text{Defect Losses} = \frac{(\text{Total Reject} \times \text{Ideal Cycle Time})}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

$$= \frac{(1.087 \times 0,53)}{28.350} \times 100\% = 2,03\%$$

Reduced Yield

Perhitungan *reduced yield* pada mesin laminating I untuk Bulan April 2016;

$$\text{Reduced Yield} = \frac{(0,53 * 0)}{28.350} * 100\% \\ = 0\%$$

Tabel 11. Hasil *Idle and Minor Stoppage Losses*

| Periode (Bulan) | Total Planned Product (pcs) | Total Product Processed (pcs) | Loading Time (menit) | Idle and Minor Stoppage Losses (%) |
|--------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| Apr 2016 | 38160 | 38160 | 28350 | 0.00 |
| Mei 2016 | 38326 | 38326 | 27000 | 0.00 |
| Juni 2016 | 38476 | 38476 | 29700 | 0.00 |
| Juli 2016 | 35294 | 34889 | 21600 | 0.99 |
| Agt 2016 | 37278 | 36768 | 31050 | 0.87 |
| Sept 2016 | 38278 | 37819 | 28350 | 0.86 |
| Okt 2016 | 39448 | 37646 | 28350 | 3.37 |
| Nov 2016 | 37365 | 36856 | 29700 | 0.91 |
| Des 2016 | 37104 | 36748 | 27000 | 0.70 |
| Jan 2017 | 38020 | 38020 | 29700 | 0.00 |
| Feb 2017 | 37794 | 37794 | 27000 | 0.00 |
| Mar 2017 | 37484 | 37484 | 31050 | 0.00 |

Tabel 12. Hasil *Reduced Speed Losses*

| Periode (Bulan) | Actual Cycle Time (menit/pcs) | Ideal Cycle Time (menit/pcs) | Loading Time (menit) | Reduced Speed Losses (%) |
|--------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Apr 2016 | 0.74 | 0.53 | 28350 | 27.62 |
| Mei 2016 | 0.70 | 0.53 | 27000 | 23.73 |
| Juni 2016 | 0.74 | 0.53 | 29700 | 27.78 |
| Juli 2016 | 0.59 | 0.53 | 21600 | 9.65 |
| Agt 2016 | 0.80 | 0.53 | 31050 | 31.69 |
| Sept 2016 | 0.67 | 0.53 | 28350 | 18.38 |
| Okt 2016 | 0.73 | 0.53 | 28350 | 26.29 |
| Nov 2016 | 0.74 | 0.53 | 29700 | 25.79 |
| Des 2016 | 0.68 | 0.53 | 27000 | 20.16 |
| Jan 2017 | 0.77 | 0.53 | 29700 | 31.12 |
| Feb 2017 | 0.71 | 0.53 | 27000 | 24.77 |
| Mar 2017 | 0.82 | 0.53 | 31050 | 34.98 |

Tabel 13. Hasil *Defect Losses*

| Periode (Bulan) | Total Reject Product (pcs) | Ideal Cycle Time (menit/pcs) | Loading Time (menit) | Defect Losses (%) |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Apr 2016 | 1087 | 0.53 | 28350 | 2.03 |
| Mei 2016 | 938 | 0.53 | 27000 | 1.84 |
| Juni 2016 | 1330 | 0.53 | 29700 | 2.37 |
| Juli 2016 | 693 | 0.53 | 21600 | 1.70 |
| Agt 2016 | 982 | 0.53 | 31050 | 1.68 |
| Sept 2016 | 1327 | 0.53 | 28350 | 1.48 |
| Okt 2016 | 1672 | 0.53 | 28350 | 3.12 |
| Nov 2016 | 1237 | 0.53 | 29700 | 2.21 |
| Des 2016 | 1113 | 0.53 | 27000 | 2.18 |
| Jan 2017 | 1151 | 0.53 | 29700 | 2.05 |
| Feb 2017 | 1400 | 0.53 | 27000 | 2.75 |
| Mar 2017 | 934 | 0.53 | 31050 | 1.59 |

Tabel 14. Hasil *Reduced Yield*

| Periode (Bulan) | Total Reject Start Up (pcs) | Ideal Cycle Time (menit/pcs) | Loading Time (menit) | Reduced Yield (%) |
|--------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Apr 2016 | 0 | 0.53 | 28350 | 0 |
| Mei 2016 | 0 | 0.53 | 27000 | 0 |
| Juni 2016 | 0 | 0.53 | 29700 | 0 |
| Juli 2016 | 0 | 0.53 | 21600 | 0 |
| Agt 2016 | 0 | 0.53 | 31050 | 0 |
| Sept 2016 | 0 | 0.53 | 28350 | 0 |
| Okt 2016 | 0 | 0.53 | 28350 | 0 |
| Nov 2016 | 0 | 0.53 | 29700 | 0 |
| Des 2016 | 0 | 0.53 | 27000 | 0 |
| Jan 2017 | 0 | 0.53 | 29700 | 0 |
| Feb 2017 | 0 | 0.53 | 27000 | 0 |
| Mar 2017 | 0 | 0.53 | 31050 | 0 |

6. Analisis *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Analisis perhitungan OEE dilakukan untuk mengetahui tingkat efektivitas dari penggunaan mesin laminating I selama periode April 2016-Maret 2017. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh nilai OEE berkisar antara 61,08% sampai 83,91%. Hal ini jauh dari keadaan ideal yaitu (85%). Nilai OEE tertinggi pada mesin laminating I hanya dicapai pada bulan Juli 2016 sebesar 83,9 %, dengan nilai *availability* 95,26%, *performance efficiency* 89,87%, dan *rate of quality product* 98,01%.

7. Analisis OEE *Six Big Losses*

Analisis perhitungan OEE *six big losses* dilakukan agar perusahaan mengetahui faktor-faktor dari keenam *six big losses* yang

memberikan kontribusi terbesar yang mengakibatkan rendahnya nilai efektivitas. Total kerugian waktu yang disebabkan oleh *six big losses*.

8. Analisis Diagram Sebab Akibat

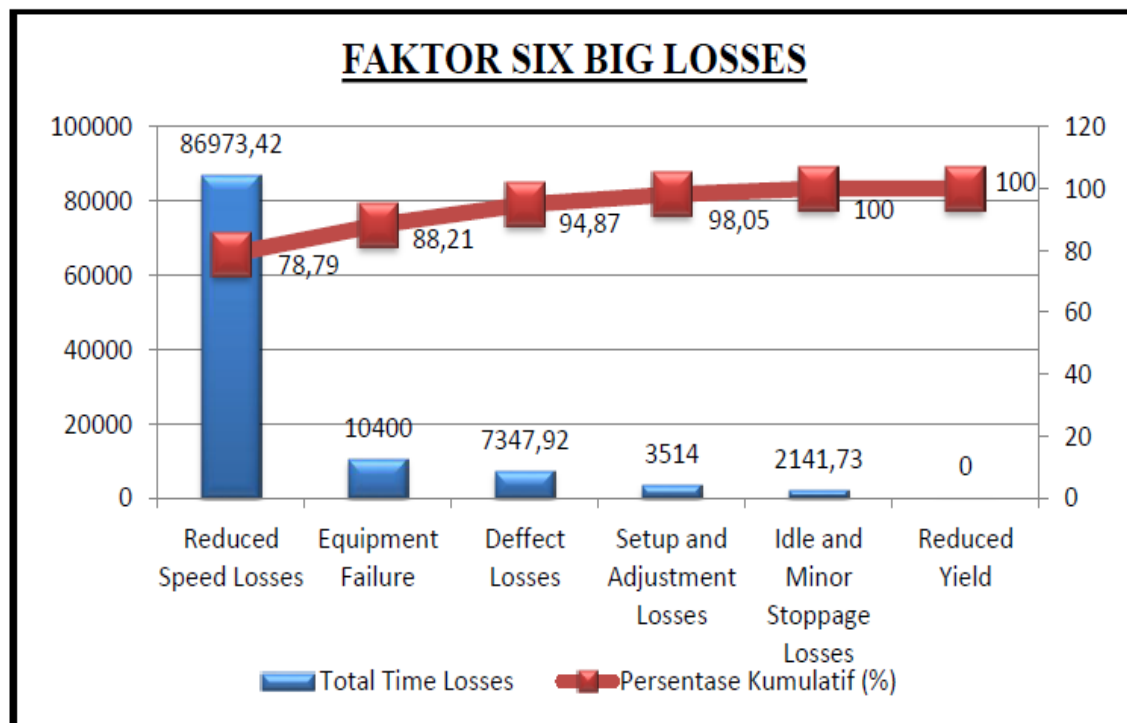
Berdasarkan Gambar 4, sumber masalah adalah faktor *reduced speed losses* dengan persentase sebesar 78,79%. Gambar 5 merupakan diagram sebab akibat faktor *reduced speed losses* pada mesin laminating I.

9. Usulan Perbaikan

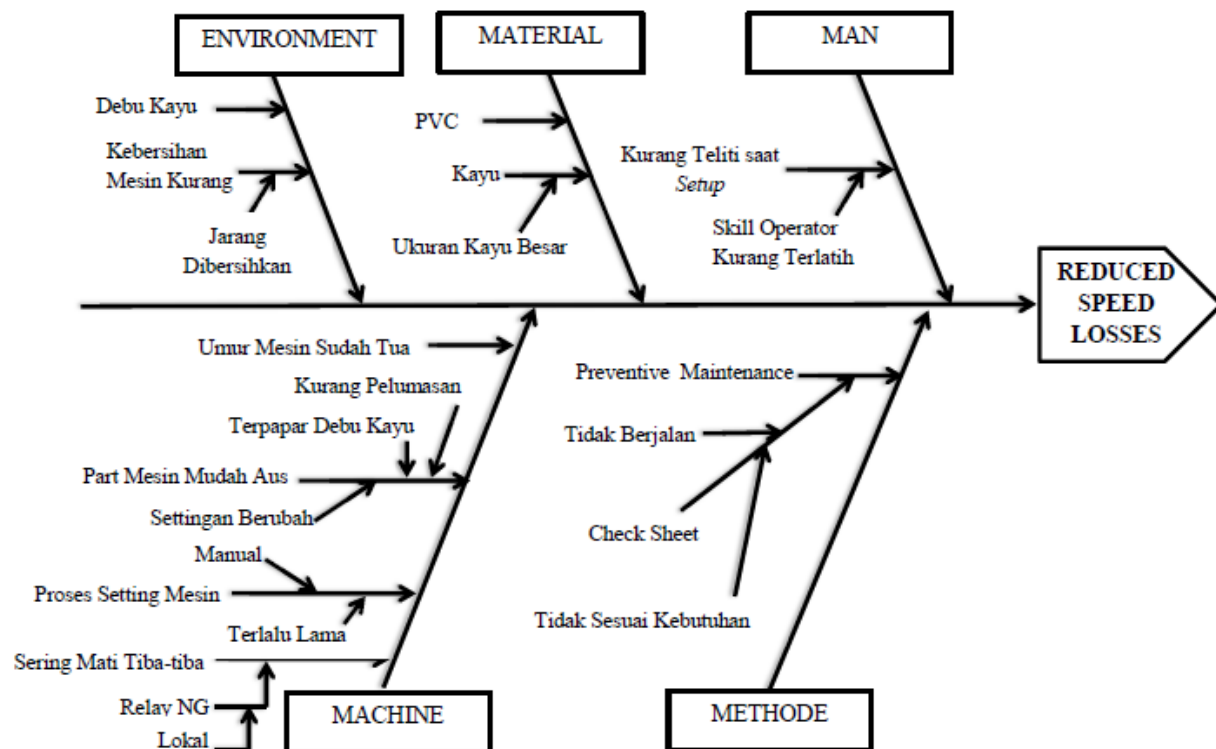
Dari hasil analisis diagram sebab akibat yang dilakukan dapat dilihat pada faktor *reduced speed losses* yang merupakan faktor yang paling dominan yang mengakibatkan rendahnya efektivitas mesin. Usulan perbaikan selengkapnya disajikan pada Tabel 16.

Tabel 15. Persentase Total Waktu Kerugian dan Faktor *Six Big Losses*

| No | Six Big Losses | Total Time Losses | Persentase (%) | Persentase Kumulatif (%) |
|-------|--------------------------------|-------------------|----------------|--------------------------|
| 1 | Reduced Speed Losses | 86973.42 | 78.79 | 78.79 |
| 2 | Equipment Failure | 10400 | 9.42 | 88.21 |
| 3 | Defect Losses | 7347.92 | 6.66 | 94.87 |
| 4 | Setup and Adjustment Losses | 3514 | 3.18 | 98.05 |
| 5 | Idle and Minor Stoppage Losses | 2141.73 | 1.95 | 100 |
| 6 | Reduced Yield | 0 | 0 | 100 |
| Total | | 110377 | 100 | |



Gambar 4. Diagram Pareto Faktor *Six Big Losses*



Gambar 5. Diagram Sebab-Akibat

Tabel 16. Usulan Perbaikan Faktor *Reduced Speed Losses*

| No | Faktor-faktor | Usulan Perbaikan |
|----|---|--|
| 1 | <i>Machine</i> | |
| | a. Umur mesin sudah tua | a. Penggantian mesin/peralatan |
| | b. Komponen aus dan sering mati tiba-tiba | b. Perawatan mesin secara berkala dan menjaga kebersihan mesin dari paparan debu |
| | c. Setting mesin lama | c. Merubah setting mesin menjadi otomatis |
| 2 | <i>Method</i> | |
| | a. <i>Preventive</i> tidak berjalan | a. Melakukan pengawasan dan pemeriksaan terhadap <i>check sheet</i> |
| 3 | <i>Environment</i> | |
| | a. Kebersihan | a. Membersihkan area kerja sebelum dan sesudah bekerja |
| 4 | <i>Man</i> | |
| | a. Skill kurang terlatih | a. Pelatihan operator dilakukan secara berkala |
| | b. Kurang teliti | b. Pengawasan terhadap operator lebih ditingkatkan |
| 5 | <i>Material</i> | |
| | a. Ukuran kayu besar | a. Mengurangi jumlah penumpukan pada setiap pallet |

5. SIMPULAN

Efektivitas mesin laminating I berdasarkan perhitungan dengan metode OEE selama periode April 2016–Maret 2017 berkisar antara 61,08% sampai 83,91%. Kondisi ini menunjukkan bahwa kemampuan mesin laminating I dalam mencapai target dan pencapaian efektivitas belum mencapai kondisi yang ideal ($\geq 86\%$).

Dari hasil perhitungan faktor *six big losses* terdapat kerugian tertinggi pada *reduced speed losses* sebesar 78,79%, nilai ini menunjukkan bahwa rendahnya kecepatan operasional aktual yaitu mengalami kerugian waktu 86.973,42 menit.

Berdasarkan analisis diagram sebab akibat terdapat beberapa usulan perbaikan terhadap faktor *reduced speed losses* yang merupakan faktor paling dominan yang mengakibatkan rendahnya efektivitas mesin.

Perusahaan dapat melakukan perawatan mesin secara berkala dan melakukan pengawasan serta pemeriksaan terhadap *check sheet* agar kegiatan *preventive maintenance* dapat berjalan. Perusahaan juga dapat menggalakkan penanaman kesadaran kepada seluruh karyawan untuk ikut berperan aktif dalam menjaga kebersihan mesin dan area kerja dari paparan debu kayu. Selain itu, perusahaan dapat pula melakukan pelatihan pada setiap operator maupun personil *maintenance* agar dapat meningkatkan kemampuan dan keahlian dalam menanggulangi permasalahan yang ada pada setiap peralatan/mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansori, N. dan Mustajib, M. I. (2013) *Sistem Perawatan Terpadu*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kennedy, R. K. (2018) *Understanding, Measuring, and Improving Overall Equipment Effectiveness*. Boca Raton: CRC Press.
- Saleem, F. *et al.* (2017) "Overall Equipment Effectiveness of Tyre Curing Press: A Case Study," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 23(1), hal. 39–56. doi: 10.1108/JQME-06-2015-0021.
- Sudrajat, A. (2011) *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Bandung: Refika Aditama.